WEGE ZUR COMPUTERINTEGRIERTEN PROZESSAUTOMATISIERUNG UND DAS KONZEPT DES FLEXIBLEN LADUNGSVERKEHRS

Prof. Dr. sc. techn. HORST STROBEL, Dresden/DDR

1. Motivation

Zwei Zugänge zur Computerintegrierten Prozeßautomatisierung (CI-PA) lassen sich unterscheiden:

* Rechnergestützte Integration von Insellösungen bei Beibehaltung bisher praktizierter Transporttechnologien
* Nutzbarmachung von CIM-Konzepten zur grundhaften Erneuerung von Transporttechnologien.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die vergleichende Analyse beider Wege. Sie will sich dabei besonders dem zweiten Zugang, d.h. den Möglichkeiten der Technologieerneuerung widmen. Vorgestellt wird das Konzept des **Computerintegrierten Flexiblen Ladungsverkehrs (CI-FLV)**, das als verkehrsspezifisches Analogon des Konzeptes der **Computerintegrierten Flexiblen Fertigung (CIM)** zu betrachten ist.

2. Computerintegrierte Prozeßautomatisierung zur Vervollkommnung existierender Transporttechnologien

Die Bedeutung des CIM-Konzeptes für das Verkehrswesen ist vom Verfasser im Beitrag /1/ analysiert worden. Am Beispiel von drei Aufgabenklassen konnte die Übertragbarkeit der für die industriellen Fertigung entwickelten Integrationsprinzipien nachgewiesen werden:

* Computerintegrierte Vorbereitung und Leitung von Transportprozessen (insbesondere der Eisenbahn)
* Computergestützte Integration von Betrieb und Instandhaltung
* CIM-Konzepte für Fahrzeugbau und -instandsetzung.

Inzwischen wurden Konzepte für weitere verkehrstypische Anwendungen vorgelegt. Das Aufgabenspektrum erstreckt sich von Problemen der Schiffsautomatisierung (vgl. Konzept **"CISO = Computer Integrated Ship Operation"** von Kucharzewski, Strickert, Weber /2/) über den **rechnerintegrierten** Nutzkraftfahrzeugbetrieb (vgl. Konzept **"CIT = Computer Integrated Transportation"** in /3/) bis zu **"Computerintegrierten Filialsystemen"** des Bank-, Post- und Verkehrswesens (vgl. Claus, Ertel /4/ und Becker /5/).

Da sich Computerintegrierte Prozeßautomatisierungslösungen nur in längeren Zeiträumen schaffen lassen, besteht eine wissenschaftliche Grundsatzaufgabe in der Entwicklung von **"CIM-Bausteinen"**, die **autonom nutzbar** sind, zu komplexen Systemen **"zusammenwachsen"** können und dabei den **Generationswechsel** der Rechentechnik **"überleben"**. Für drei Ebenen einer verkehrstypischen CIM-Hierarchie (vgl. Bild 2 in /1/) sind derartige Bausteine im Wissenschaftsbereich und Technikum "Automatisierungstechnik" der Dresdener Hochschule für Verkehrswesen geschaffen worden:

* **Transportprozeßvorbereitung:** Rechnergestützte Bildfahrplan- und BETRA-Erarbeitung (vgl. Heber, Henkel, Horn, Uhlmann /6/).
* **Zentrale und lokale Transportprozeßleitung:** Personalcomputerbasierte Dispatcher- und Fahrdienstleiterarbeitsplätze mit zugehörigen Softwarekonfigurationssystemen (vgl. System proCAD-L von Heyder in /7/).
* **Lokale Prozeßankopplung:** Speicherprogrammierbare Steuerungen und robuste Feldbussysteme (vgl. Otto /8/).

Bisherige Vorstellungen zur Nutzbarmachung von CIM-Konzepten im Verkehrswesen gingen davon aus, daß Effektivitätsgewinne erzielbar sind durch die **rechnergestützte Verknüpfung** von **kundenspezifischen und fahrzeug- bzw. anlagenbezogenen Aufgaben**, d.h. der Regel-, Sonder- und Baubetriebsfahrplanerarbeitung, des Dispatcher- und Fahrdienstes und weiterer Auf-

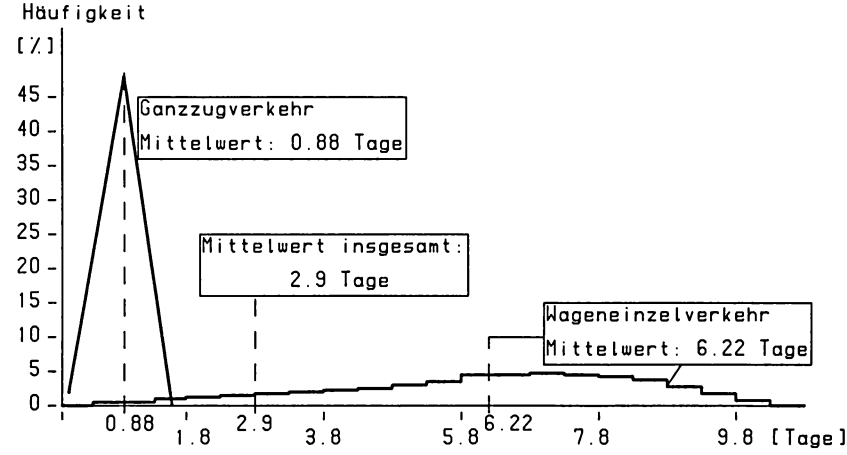

Bild 1: Eisenbahntransport insgesamt

Aufenthaltszeit der Güter in der Transportphase

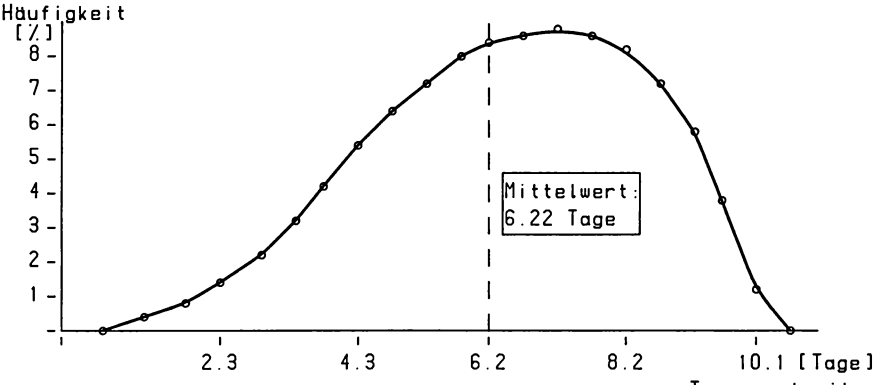

Bild 2: Wageneinzelverkehr

Bilder 1+2: Häufigkeitsverteilungen für die Aufenthaltszeiten der Güter im Eisenbahntransport (Transportzeiten)

Quelle: Analyseergebnisse von U. Hofmann [9]

gaben (Abfertigungs-, Abrechnungs- und Serviceprozesse).

Die Transporttechnologien selbst wurden dabei keiner Veränderung unterzogen. Dies motiviert zwei Fragestellungen:

* Können - ausgehend vom **CIM-Konzept** der Industrie - Wege zur **grundhaften Erneuerung von Transporttechnologien** gefunden werden?
* Welche betriebs- und volkswirtschaftlichen Effekte wären hierdurch erzielbar?

Diese Fragen bilden den Gegenstand der folgenden Analyse.

3. Computerintegrierte Prozeßautomatisierung zur grundhaften Erneuerung von Transporttechnologien: Das Konzept des Flexiblen Ladungsverkehrs (FLV)

Als Schlüsselproblem wird die Technologieerneuerung zur effektiveren Grundfondsnutzung angesehen. Das führt auf zwei Fragestellungen:

* **Kann der Transportraumbedarf der Eisenbahn** durch rechnerintegrierte Technologien spürbar **reduziert werden**?
* **Welche Erneuerungskonzepte** sind mit real verfügbaren Mitteln in überschaubaren Zeiträumen durchsetzbar?

Ein Lösungsansatz liefert die eisenbahnbetriebswissenschaftliche Analyse /9/ von U. Hofmann. Unter Nutzung eines Retentionsmodells sowie der statistischen Daten eines Jahres über Be- und Entladungen ist durch Computersimulation die im Bild 1 dargestellte Häufigkeitsverteilung für die Aufenthaltszeiten der Transportgüter im Eisenbahntransportsystem ermittelt worden, die zwei charakteristische Maxima aufweist (vgl. /9/):

* Das erste sehr ausgeprägte Maximum kennzeichnet den Ganzzugverkehr für den eine mittlere Transportzeit von etwa 0.9 Tagen abgeschätzt wurde.
* Das zweite sehr flache Maximum beschreibt den Wageneinzelverkehr; hier weisen - wie Bild 2 genauer ausweist - die Transportzeiten eine sehr große Schwankungsbreite von etwa 2 bis 10 Tagen aus, wobei der Mittelwert zu ca. 6 Tagen bestimmt wurde. Das führt auf die in Tabelle 1 dargestellten Transportgefäßumlaufzeiten, die für die Deutsche Reichsbahn insgesamt in den letzten Jahren zwischen 3,8 und 4,2 Tagen schwankten (vgl. /10/).

Für den Ganzzugverkehr liegt dabei die Umlaufzeit mit etwa 1,3 Tagen in der gleichen Größenordnung wie beim Straßentransport. Für den Wageneinzelverkehr, d.h. für die Beförderung von Güterwagen und Containern im Einzellauf über die Rangierbahnhöfe ist dagegen die Umlaufzeit um den Faktor 6 bis 7 länger, d.h. sie beträgt etwa 8 bis 9 Tage. Demzufolge weist der Wageneinzelverkehr gegenüber der Ganzzugtechnologie eine 6 bis 7 mal schlechtere Transportraumproduktivität auf, was folgendes Beispiel veranschaulicht:

Bei einer Nutzmasse von 14,5 Tonnen pro Wagen (veredelte Produkte) wären im Ganzzugverkehr ca. 5000 Wagen erforderlich, während der Wageneinzelverkehr etwa 33000 Wagen erfordern würde (vgl. Tabelle 1 und /9/). Das führt auf folgende Fragestellung:

Kann durch neuartige (rechnergestützte) Technologien das Ganzzugsystem, d.h. die Idealform des schnellen, transportraum- und energiesparenden Schienentransports auf solche Relationen und Gutarten ausgedehnt werden, die eine Ganzzugförderung

Transport-technologie	Mittlere Transportzeit /Tage/	Mittlere Umlaufzeit /Tage/	Mittlerer Transportraumbedarf bei 20 Miot/a und 14,5 t Nutzmasse (Fahrzeuge mit gleichem Fassungsvermögen)	Index
Direkter Strassentransport	0,5 ... 0,8	1,27	4800 Lastzüge	100 %
Eisenbahn insges.	ca. 2,9	3,8 ... 4,2		
*** Ganzzugverkehr**	ca. 0,88	**ca. 1,33**	**ca. 5000 Wagen**	**105 %**
*** Wageneinzelverkehr**	5,8 ... 6,2	**8,8 ... 9,3**	**ca. 33000 Wagen**	**ca. 700 %**

Tabelle 1: Transportraumbedarf verschiedener Eisenbahntransporttechnologien der DR (nach U. Hofmann /9/)

nach gegenwärtig praktizierten Technologien nicht zulassen?

Diese Frage weist Ähnlichkeiten mit einem Problem der industriellen Produktion auf, nämlich mit der Nutzbarmachung hochproduktiver Fertigungskomplexe für kleine und schwankende Losgrößen. Dies führte bekanntlich zum CIM-Konzept der Industrie, d.h. zum Konzept der

Computerintegrierten Flexiblen Fertigung (CIM).

Zu fragen ist deshalb, ob sich ein analoges Konzept für den Eisenbahntransport finden läßt, das die Nutzbarmachung der hochproduktiven Ganzzugtechnologien, die den Hochleistungs-Fertigungskomplexen entsprechen, **auch bei geringem und schwankenden Gutaufkommen**, d.h. gewissermaßen bei kleinen und schwankenden Losgrößen, **ermöglicht.**

Dieses Konzept, für das hier die Bezeichnung

Computerintegrierter Flexibler Ladungsverkehr (CI-FLV)

eingeführt wird, ist durch 3 Hauptbestandteile gekennzeichnet (vgl. Tabelle 2).

* Ein **Linienzugsystem** zur Verbindung der aufkommensstärksten Wirtschaftsregionen in der sogenannten "Nachtsprungtechnologie" (vgl. Bild 3), d.h. unter Umfahrung der Rangierbahnhöfe (analog zu den Fertigungskomplexen im CIM-Konzept der Industrie).

* **Flexible Technologien des kombinierten Transports** zur Anbindung des Linienzugsystems an die Verkehrsquellen und -senken in der Wirtschaftsregion (vgl. Bild 4, analog zu rechnergesteuerten Materialflußsystemen, u.a. zu automatischen Transport- und Lagersystemen in der Flexiblen Fertigung für die Ver- und Entsorgung der hochproduktiven Bearbeitungszentren).

* **Logistische Leitzentralen** zur durchgängigen Planung, Steuerung und Kontrolle der Ladegutbewegungen, insbesondere zur flexiblen Auslastung des Ganzzugsystems (vgl. Bild 5, analog zum Produktions-, Planungs- und Steuerungssystem (PPS) der Flexiblen Fertigung).

FLEXIBLE FERTIGUNG (CIM) DER INDUSTRIE	Flexibler LADUNGSVERKEHR (CI-FLV)
• Hochproduktive Fertigungskomplexe	• Hochproduktive Ganzzugtechnologien (Linienzugsystem)
• Flexible Ver- und Entsorgung der Fertigungskomplexe (u.a. automatische Transportsysteme)	• Flexible Anbindung des Linienzugsystems an die Verkehrsquellen und -senken
• Bedarfsabhängige, flexible Steuerung (PPS = Produktions-Planungs- und Steuerungssystem)	• Bedarfsabhängige, flexible Steuerung (Logistische Leitzentrale)

Tabelle 2: Analogien zwischen der Flexiblen Fertigung (CIM) und dem Computerintegrierten Flexiblen Ladungsverkehr (CI-FLV)

3.1. Das Linienzugsystem (Bild 3)

Dieses Ganzzugsystem ist das Rückgrat des Flexiblen Ladungsverkehrssystems mit dem die Systemstärken der Eisenbahn im direkten und gebündelten Transport der Güter zwischen den aufkommensstärksten Regionen auszuschöpfen sind. Die Festlegung der direkt zu verbindenden Wirtschaftsräume erfordert verkehrsgeographische Untersuchungen. In Betracht zu ziehen sind dabei*) (vgl. Bild 3):

* **Ballungsgebiet Berlin**, Hauptstadt der DDR, mit einem Einzugsgebiet, das Teile des **Bezirkes Frankfurt** an der Oder einschließt.

* **Ballungsgebiet Dresden Oberes Elbtal** mit dem Einzugsgebiet **Osterzgebirge** und **Oberlausitz** (bei Transporten in westlicher Richtung).

* **Ballungsgebiet Karl-Marx-Stadt/Zwickau/Plauen** mit einer Einzugszone (für die Nord-Süd-Relation), die die industriedichten Gebiete des **Vogtlandes** und des **Westerzgebirges** umfaßt.

* **Ballungsgebiet Halle/Leipzig/Bitterfeld/Leuna**

* **Industriezentrum Erfurt** mit einem Einzugsgebiet, das die sogenannte **Thüringer Städtekette** (Eisenach, Gotha, Weimar, Jena) und die **westthüringischen industriedichten**

*) Nach Anregungen von Prof.Noack und Prof. Großmann, HfV

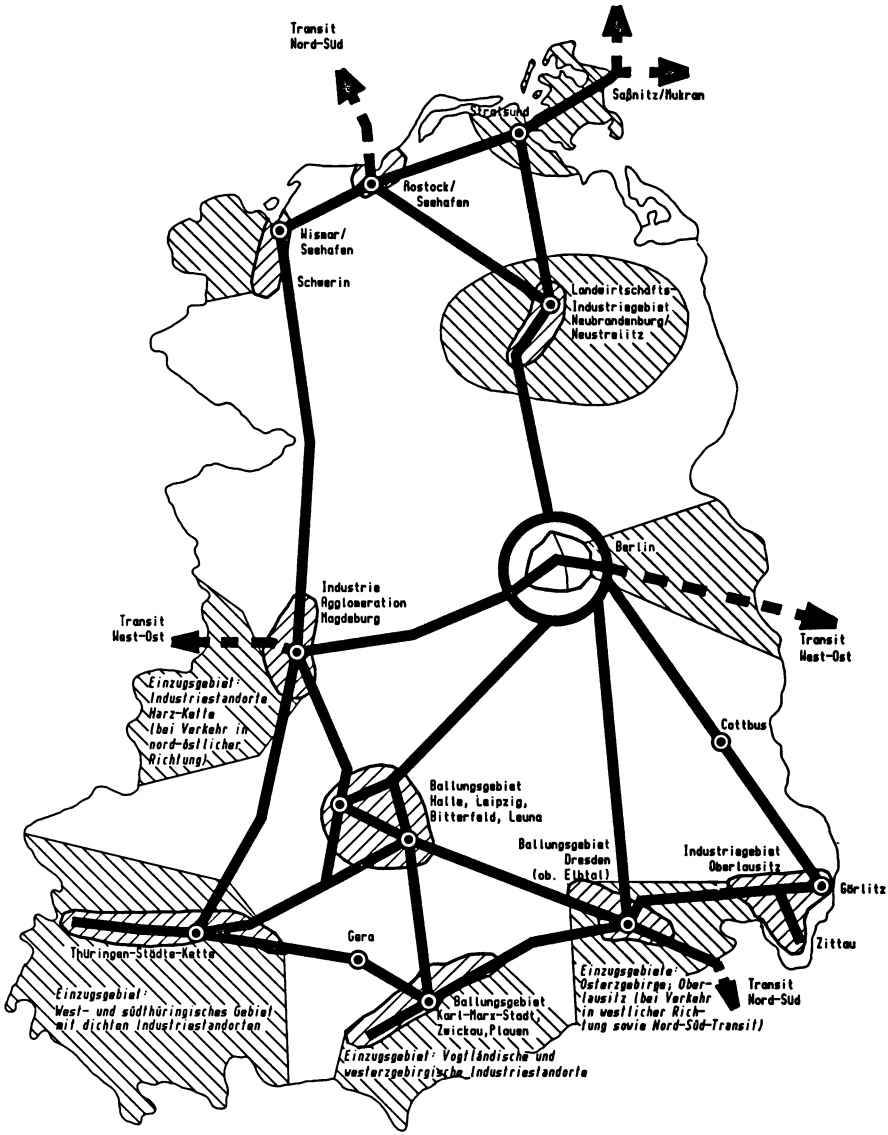

Bild 3:

Das Linienzugsystem: Verbindung der aufkommensstärksten Wirtschaftsregionen im gebündelten Ganzzugverkehr und Erschließung der Einzugsgebiete vor allem mit dem kombinierten Verkehr

Gebiete des Bezirkes Suhl sowie Mühlhausen und Sömmerda umfaßt.

* **Industriezentrum Magdeburg** mit einer Einzugszone die - bei Transporten in nord-östlicher Richtung - die industriedichten Gebiete der sogenannten Harzkette (u.a. Ilsenburg, Halberstadt, Blankenburg) einbezieht.
* **Industriezentrum Cottbus**, mit einer Einzugszone für Transporte in nord-westlicher Richtung, die sich bis in die **Oberlausitz** erstreckt.
* **Industriezentrum Rostock** mit dem **Überseehafen** und der **Nord-Süd Transit Fährverbindung (Warnemünde)**.
* **Industriegebiet** und **Seehafen Wismar** mit dem Einzugsgebiet Schwerin und westliche Ostseeküste
* Verkehrsknotenpunkte **Stralsund/Saßnitz/Mukran** und der Nord-Süd- sowie UDSSR Fährverbindung
* Agrar-Industriegebiet **Neubrandenburg/Neustrelitz**.

Das Kernnetz des Linienzugsystems ergibt sich aus den aufkommensstärksten Verbindungen der Wirtschaftszentren, die mehr als 150 bis 200 km voneinander entfernt liegen.

3.2 Flexible Technologien zur Flächenerschließung (Bild 4)

Die zur Flächenerschließung einzusetzenden Transporttechnologien werden durch die Sendungsgröße und die Zahl der mit einem Transportgefäß zu bedienenden Quellen und Senken bestimmt. Das führt zu folgenden Produktionsformen des Transports:

(1) "Rollende Landstraße" und "Verkehr mit Wechselaufbauten sowie Anhängern"

Diese Form des Huckepack-Verkehrs weist bekanntlich bei kleintonnagigen Gütern mit großer Dispersion der Quellen und Senken die größte Flexibilität auf (vgl. Bilder 4a und 4b):

Der Zubringer- und Verteilerverkehr zum und vom Terminal des Linienzugsystems kann in Form eines optimierten Rundreiseproblems erfolgen, d.h. mehrere Versender bzw. Empfänger können mit einem Fahrzeug und unter Berücksichtigung unterschiedlichster Lademassen (von wenigen Kilogramm bis zu mehreren Tonnen) kosten- und zeitsparend bedient werden (vgl. Bilder 4a, 4b). Das ermöglicht den anzustrebenden großen Einzugsbereich im Wirtschaftszentrum (vgl. Bild 3).

Beide Formen des kombinierten Transports sind international mit ständig wachsenden Marktanteil erfolgreich im Einsatz (u.a. im Transitverkehr der Deutschen Reichsbahn).

(2) Großcontainertransportsystem

Diese Form des kombinierten Transports bildet eine in der DDR verfügbare Ausgangsplattform des Flexiblen Ladungsverkehrs. Er dient in der Regel der direkten Verbindung nur eines Versenders mit nur einem Empfänger (Bild 4c), was naturgemäß ein entsprechendes Gutaufkommen voraussetzt und zwangsläufig mit einer geringeren Flexibilität verbunden ist.

(3) Einbeziehung von Güterwagengruppen - Flexible Ganzzugbildung

Traditionell stellen die Produktionsformen "Rollende Landstraße", "Verkehr mit Wechselaufbauten und Anhängern", "Containertransport" und "Linienzug-System gebildet aus Güterwagengruppen" getrennt betriebene Transportsysteme dar.

Zielstellung eines Flexiblen Ladungsverkehrs muß die Integration dieser Systeme darstellen, um dadurch das Gutaufkommen zur Nutzung der hochproduktiven Ganzzugtechnologie in der Verbindung der aufkommensstärksten Wirtschaftsregionen zu maximieren.

3.3 Logistische Leitzentralen (Bild 5)

Die logistischen Leitzentralen übernehmen die Rolle des PPS (Produktionsplanungs- und Steuerungs-)System der Flexiblen Fertigung im Konzept des Flexiblen Ladungsverkehrs. Hierzu gehören u.a. 3 Aufgaben:

* Rechnergestützte (vorausschauende und operative) Planung, Steuerung und Kontrolle der Ladegutbewegungen durchgängig vom Versender zum Empfänger.
* Flexible Organisation und bedarfsabhängige Steuerung der Zu- und Nachlaufprozesse sowie Synchronisation von Anforderungen der Wirtschaft und des Transportsystems zur Sicherung einer hohen Ganzzugauslastung (ggf. elektronische Platzreservierung im Huckepack-Verkehr) und des strengen Zeitrythmus ("Nachtsprungtechnologie").
* Vorausmeldung von Ziel und Ankunftszeiten der Ladungen zur Schaffung des Zeitvorsprunges für die Disposition von Verteil- und Zustellfahrten sowie Rückladungen.

Bild 4a: Transporttechnologie "Rollende Landstraße"

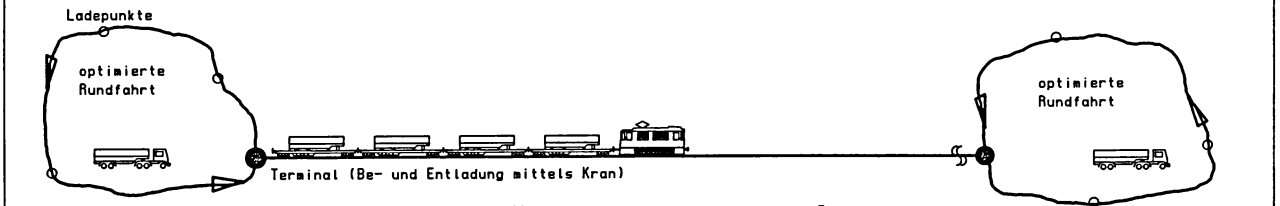

Bild 4b: Kombinierter Verkehr mit Wechselaufbauten und Anhänger

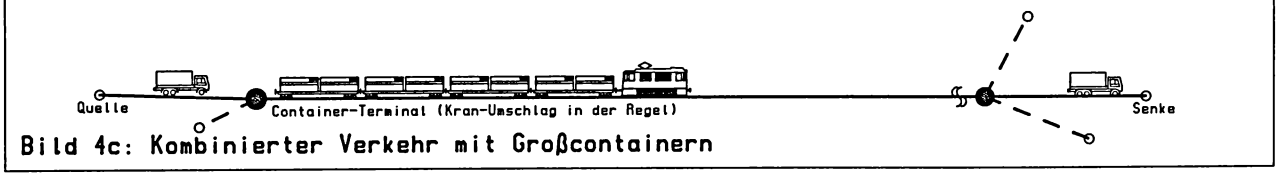

Bild 4c: Kombinierter Verkehr mit Großcontainern

Bild 4: Produktionstechnologien der kombinierten Verkehrssystemkomponenten des flexiblen Ladungsverkehrs

3.4 Das Rationalisierungspotential des CI-FLV

Zwei Wirkungen sind bei erfolgreicher Einführung des Flexiblen Ladungsverkehrs zu erwarten:

(1) Reduzierung des Eisenbahntransportraumbedarfs

Dieser betriebswirtschaftliche Effekt entsteht durch die drastische Verkürzung der Transportgefäßumlaufzeiten beim Übergang vom Wageneinzelverkehr (Umlaufzeit durchschnittlich 7 bis 9 Tage) zum Flexiblen Ladungsverkehr (Umlaufzeit ca. 1,3 bis 2 Tage, vgl. Bilder 1 und 2 sowie Tabelle 1). Das in Tabelle 1 angegebene Beispiel veranschaulicht die zu erwartende Größenordnung:

* Angenommen sei, daß eine Transportmenge von ca. 20 Miot/a vom gebrochenen Wageneinzelverkehr zum Flexiblen Ladungsverkehr verlagert wird.
* Bei einer mittleren Nutzmasse von ca. 15 Tonnen pro Wagen (in der Regel veredelte Güter mit hoher Wertdichte und Wertempfindlichkeit) würde sich gemäß Tabelle 1 der Güterwagenbedarf für den Einzelverkehr der Eisenbahn um ca. 33 000 Wagen verringern. Gleichzeitig entsteht ein Zusatzbedarf an 5 bis 10 Tausend Tragwagen. Insgesamt wäre demzufolge mit einer Transportraumeinsparung zu rechnen die nach grober Abschätzung zwischen 13 Tausend Wagen (pessimistische Schätzung) und 28 Tausend Wagen (optimistische Schätzung) liegt.

Der Computerintegrierte Flexible Ladungsverkehr kann deshalb als eine sehr wirksame Rationalisierungsstrategie zur Verbesserung der Grundfondseffektivität angesehen werden; es ist kein anderes Einsatzfeld moderner Computer- und Kommunikationstechnologien bekannt, das Eisenbahntransportraumeinsparungen in ähnlicher Größenordnung ermöglicht.

Die Transportraumeinsparung geht dabei einher mit einer bedeutenden Senkung der Aufwendungen für die Güterwageninstandsetzung und die Umschlagsprozesse im gebrochenen Wageneinzelverkehr sowie mit einem entsprechenden Abbau von Arbeitserschwernissen.

(2) Beschleunigung der Zirkulationsprozesse

Die wirtschaftlichen Effekte der Flexiblen Fertigung sind nur dann voll erschließbar, wenn die CIM-Lösung am Werktor nicht endet, sondern einen flexiblen bedarfsgesteuerten Transport mit kurzen Reaktions- und Lieferzeiten einschließt. In diesem Sinne stellen der Flexible Ladungsverkehr und die Flexible Fertigung integrale Bestandteile eines komplexen **"Computerintegrierten Produktions-Transport-Systems"** dar, das vor allem für veredelte Produkte (insbesondere der metallverarbeitenden Industrie) erstrangige Bedeutung erlangt. Der wirtschaftliche Effekt ergibt sich dabei vor allem durch die Reduzierung und volkswirtschaftlich günstige Verteilung der Bestände (vgl. dazu /11/).

3.5 Konzept zur schrittweisen Einführung des CI-FLV

Mit dem hier vorgestellten Konzept des Flexiblen Ladungsverkehrs lassen sich die in Abschnitt 2 hervorgehobenen Forderungen nach stufenweiser Aufrüstbarkeit erfüllen:

* So sind **für** besonders **aufkommensstarke Relationen** die durch Bild 4 veranschaulichten **Formen des kombinierten Transports** auch ohne bzw. mit geringen rechentechnischen Aufwand in **kurzen Zeiträumen einführbar.** Hierzu liegen umfangreiche Erfahrungen sowohl international (vgl. z.B. /12/, /13/) als auch im Transitverkehr der Deutschen Reichsbahn vor.
* **Mit Übergang zu Relationen mit geringerem oder stärker schwankenden Gutaufkommen gewinnt die Computer- und Kommunikationstechnik an Bedeutung.**

  Erste Ausbaustufen könnten die Ladungsvormeldung und *ggf.* ein "Platzreservierungssystem" für die Nutzkraftfahrzeuge bzw. Wechselaufbauten oder Anhänger (vgl. Bilder 4a, b) beinhalten.
* **Vollständig läßt sich das Rationalisierungspotential des Flexiblen Ladungsverkehrs naturgemäß nur durch das** unter 3.1 bis 3.3 skizzierte, **sehr anspruchsvolle computerintegrierte Produktions-Transportsystem erschließen.** Dies stellt eine komplexe und langfristig anzulegende Forschungs- und Entwicklungsaufgabe dar, die sich von verkehrsgeographischen Untersuchungen über die Entwicklung geeigneter Transporttechnologien bis zu komplexen Fragen der Steuerungs- und Optimierungstheorie unter Nutzung moderner Computer- und Kommunikationstechnologien erstreckt.

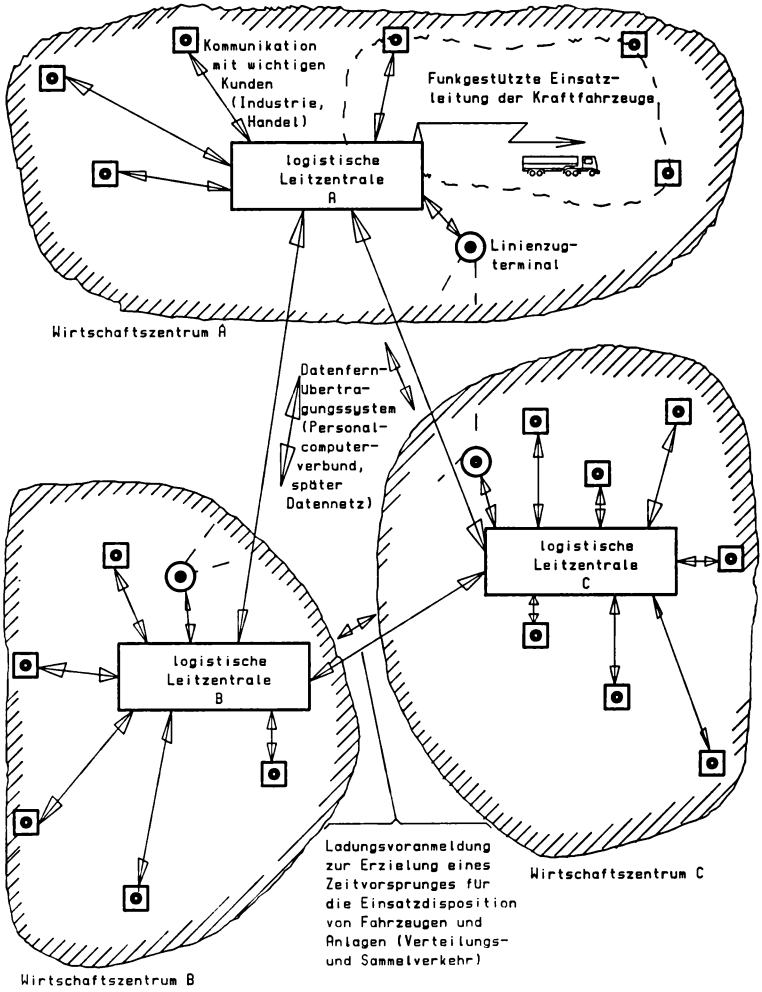

Bild 5 : Aufgaben der logistischen Leitzentralen im Konzept des flexiblen Ladungsverkehrs

Literatur:

/1/ Strobel, H., K. Fischer und K. Wächter: Das CIM-Konzept und seine Bedeutung für das Verkehrswesen
Plenarvortrag zu den 15. Verkehrswissenschaftlichen Tagen (VWT) der HfV Dresden vom 23. - 26. Juni 1987

/2/ Kucharzewski, H., H. Strickert und F. Weber: Das CISO (Computer Integrated Ship Operation)-Konzept für die Schiffsautomatisierung
16. Verkehrswissenschaftliche Tage (VWT), 13.September 1989

/3/ Darazs, G.: Atem für langen Weg: Mit CIM-Komplettangebot von der Philosophie zur Realität
bit, Oktober 1987, Seite 10 bis 12

/4/ Claus, W. und W. Ertel: Filialsystem - ein Konzept für computerintegrierte geldwirtschaftliche Prozesse
16. VWT, 13. September 1989

/5/ Becker, W., u.a.: Bausteine für die rechnergestützte Integration in geldwirtschaftlichen und verkehrsdienstlichen Prozessen
Studie, WB/Technikum Automatisierungstechnik, HfV Dresden, 1987

/6/ Heber, K., A. Henkel, P. Horn und M. Uhlmann: Rechnergestützte Bildfahrplanerarbeitung: Konzept und Erfahrungen
16. VWT, 13. September 1989

/7/ Heyder, M. und M. Kosemund: proCAD-L, ein Leitstand-Software-Entwicklungssystem und seine Anwendung für Fahrdienstleiterarbeitsplatz
16. VWT, 14. September 1989

/8/ Otto, G.: Ein Feldbussystem für verteilte Steuerungen und Anwendungsbeispiele aus dem Verkehrswesen
16. VWT, 15. September 1989

/9/ Hofmann, U.: Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Analyse zur Entwicklung der Wagenumlauf- und Transportzeiten im Eisenbahntransport der Deutschen Reichsbahn
Studie, HfV Dresden, Juli 1988

/10/ Statistisches Jahrbuch der DDR, 1988

/11/ Strobel, H.: Computerintegrierte Prozeßautomatisierung und Logistik
Vortrag anläßlich der Logistik-Konferenz im Zentralinstitut für sozialistische Wirtschaftsführung, Berlin-Rahnsdorf 16. und 17. Februar 1989

/12/ Kloidt, N. und H. Eßler: KLV 88: Der erste Schritt eines neuen Konzeptes der DB für den kombinierten Ladungsverkehr (KLV)
Die Bundesbahn (1988), 6, Seiten 539 bis 543

/13/ Laupel, H.: KV: Fundamental für die Bahn - Der kombinierte Verkehr ist für die ÖBB wichtig
Verkehr (1988), Nr. 16

Danksagung:

Die vorliegende Arbeit ist durch einen interdisziplinären Meinungs- und Gedankenaustausch sehr gefördert worden.
Der Autor möchte dafür insbesondere Hochschuldozent Dr.sc.techn. A. Woda und Prof.Dr.sc. techn. U. Hofmann (HfV) herzlichen Dank sagen.